

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. November 2001 (01.11.2001)

PCT

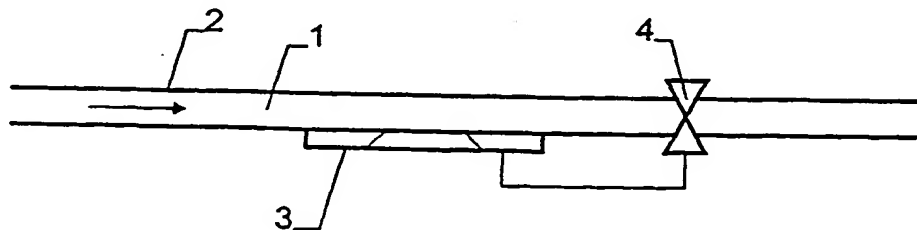
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/81872 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01F 1/684** (74) Anwalt: **E. BLUM & CO.**; Vorderberg 11, CH-8044 Zürich (CH).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/IB01/00689**
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
20. April 2001 (20.04.2001)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:  
806/00 25. April 2000 (25.04.2000) **CH**
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SENSIRION AG [CH/CH]**; Eggbühlstrasse 14, CH-8052 Zürich (CH).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MAYER, Felix [CH/CH]**; Viktoriastrasse 38, CH-8052 Zürich (CH). **HÄBERLI, Andreas, Martin [CH/CH]**; Langfurenstrasse 16, CH-8623 Wetzikon (CH).
- Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht  
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THE FLOW OF A FLUID**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM MESSEN DES FLUSSES EINER FLÜSSIGKEIT**



(57) Abstract: To measure the flow of a fluid, said fluid (1) is guided in a conduit past (2) a flow sensor (3). The flow sensor (3) is integrated into a semiconductor substrate, together with a control and evaluation circuit. The sensor has a heating element and two temperature sensors positioned symmetrically in relation to said element. The flow is determined from the difference in temperature between the temperature sensors and/or from the power consumption of the heating element. To calibrate the sensor, a valve (4) which can be used to interrupt the flow in the conduit (2) is provided. This assembly enables a highly accurate measurement of the flow.

(57) Zusammenfassung: Um den Fluss einer Flüssigkeit zu messen, wird die Flüssigkeit (1) in einer Leitung (2) an einem Fluss-sensor (3) vorbeigeführt. Der Flusssensor (3) ist zusammen mit einer Steuer- und Auswerteschaltung auf einem Halbleitersubstrat integriert. Er besitzt eine Heizung und symmetrisch dazu zwei Temperatursensoren. Der Fluss wird aus dem Temperaturunterschied zwischen den Temperatursensoren und/oder aus der Leistungsaufnahme der Heizung ermittelt. Zur Kalibrierung des Sensors ist ein Ventil (4) vorgesehen, mit dem die Leitung (2) unterbrochen werden kann. Diese Anordnung erlaubt eine Flussmessung hoher Genauigkeit.

WO 01/81872 A1



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## Verfahren und Vorrichtung zum Messen des Flusses einer Flüssigkeit

### 5                    Hinweis auf verwandte Anmeldungen

                  Diese Anmeldung beansprucht die Priorität der Schweizer Patentanmeldung 806/00, die am 25. April 2001 eingereicht wurde und deren ganze Offenbarung hiermit  
10 durch Bezug aufgenommen wird.

### Hintergrund

                  Die Erfindung betrifft einen Flüssigkeits-  
15 Flusssensor und ein Verfahren zum Messen der Flussmenge einer Flüssigkeit gemäss Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche.

### Stand der Technik

20                   Ein Flüssigkeits-Flusssensor ist in der folgenden Publikation beschrieben: M. Ashauer, H. Glosch, F. Hedrich, N. Hey, H. Sandmaier und W. Lang, „Thermal Flow Sensor for Liquids and Gases“, IEEE Proceedings  
25 (98CH36176) des 11. internationalen Workshops „Micro Electro Mechanical Systems“, 1998.

                  Flüssigkeits-Flusssensoren dienen zur Messung der Flussgeschwindigkeit einer Flüssigkeit. Insbesondere existieren thermische Flusssensoren, welche ein thermisch  
30 mit der Flüssigkeit in Kontakt stehendes Heizelement und einen Temperatursensor aufweisen. Da die Flussgeschwindigkeit die Wärmeableitung vom Temperatursensor und auch die Wärmeverteilung in der Flüssigkeit beeinflusst, ist das vom Temperatursensor  
35 gemessene Signal abhängig von der Flussgeschwindigkeit.

                  Aus den Messresultaten von Flüssigkeits-Flusssensoren lässt sich die Flussmenge der Flüssigkeit

bestimmen, d.h. die Menge der an einem Messpunkt vorbeifliessenden Flüssigkeit.

### Darstellung der Erfindung

5

Es stellt sich die Aufgabe, einen möglichst einfach herzustellenden und dennoch genauen Sensor der eingangs genannten Art bereitzustellen. Ebenso stellt sich die Aufgabe ein Verfahren der eingangs genannten Art zu finden, welches eine möglichst zuverlässige Bestimmung der Flussmenge zulässt.

Diese Aufgabe wird vom Flusssensor bzw. dem Verfahren gemäss den unabhängigen Ansprüchen gelöst.

Die wichtigsten Komponenten des Flusssensors, d.h. der Temperatursensor und das Heizelement sind also zusammen mit einer Auswerte- und Steuerschaltung auf einem gemeinsamen Halbleitersubstrat angeordnet. Dadurch wird die Herstellung verbilligt und die Störanfälligkeit reduziert.

Vorzugsweise ist der Flusssensor mit einer Deckschicht versehen, um den Temperatursensor und das Heizelement zu schützen. Als besonders geeignet hat sich eine Deckschicht aus DLC (Diamond-Like Carbon) erwiesen, da diese sich durch hohe Härte und Stabilität auszeichnet.

Um den Flusssensor zu kalibrieren, ist er vorzugsweise mit einem Ventil ausgestaltet, welches von der Auswerte- und Steuerschaltung geschlossen wird, um die Parameter des Sensors bei definierten Bedingungen zu ermitteln.

Beim erfindungsgemässen Verfahren wird die Flüssigkeit durch eine Leitung an einem Heizelement vorbeigeführt. Es wird eine Messgrösse bestimmt, die von der vom Heizelement abgegebenen Leistung oder von einer Temperatur in der Leitung beim Heizelement abhängt. Dies erlaubt es, die Anwesenheit von Gasblasen zu detektieren, was es ermöglicht, die Gasblase bei der Flussmenge zu

berücksichtigen und/oder eine Warnung abzugeben. Dadurch ergibt sich ein genaueres Messresultat.

Vorzugsweise wird bei Anwesenheit einer Gasblase die Messung der Flussmenge, die einer Integration der Flussgeschwindigkeit über die Zeit entspricht, unterbrochen. Es kann auch das Volumen der Gasblase aus der momentanen Flussgeschwindigkeit der Flüssigkeit und einer zeitlichen Länge der Gasblase ermittelt werden. Unter zeitlicher Länge ist hierbei die Zeit zu verstehen, während der aufgrund der Messgrösse auf eine Anwesenheit der Gasblase geschlossen wird.

Werden vor und hinter dem Heizelement Temperatursensoren vorgesehen, so kann aus deren Temperaturunterschied nicht nur die Flussgeschwindigkeit der Flüssigkeit, sondern auch die Flussgeschwindigkeit des Gases in einer Gasblase bestimmt werden. Da die Signale bei einer Gasblase jedoch wesentlich schwächer sind, braucht die Integration zur Ermittlung der Flussmenge in diesem Falle bei Anwesenheit einer Gasblase nicht unbedingt unterbrochen zu werden.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung bzw. das erfindungsgemässe Verfahren eignen sich insbesondere zum Bestimmen kleiner Flussmengen, wie sie z.B. bei der Verabreichung von Medikamenten oder in der Prozesstechnik zu messen sind.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Weitere Ausgestaltungen, Vorteile und Anwendungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und aus der nun folgenden Beschreibung anhand der Figuren. Dabei zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Schnitt durch eine Ausführung eines erfindungsgemässen Flusssensors,

Fig. 2 ein Sensorelement auf einem Halbleitersubstrat,

Fig. 3 einen schematischen Schnitt entlang Linie III-III von Fig. 2,

Fig. 4 ein Blockdiagramm des Flusssensors und

Fig. 5 eine bevorzugte Ausführung der  
5 Heizungssteuerung.

#### Wege zur Ausführung der Erfindung

10 In Fig. 1 ist der grundsätzliche Aufbau einer bevorzugten Ausführung der Erfindung dargestellt. Die zu messende Flüssigkeit 1 wird durch eine Leitung 2 geführt. An der Wand der Leitung 2 ist, in direktem Kontakt mit der Flüssigkeit 1, ein Sensorelement 3 angeordnet. Ferner  
15 ist ein Ventil 4 vorgesehen, mit welchem die Leitung 2 geschlossen werden kann. Vorzugsweise handelt es sich hierbei um ein Ventil auf Bimetall-Basis.

Der Aufbau des Sensorelements 3 ist aus Fig. 2 und 3 ersichtlich. Es ist auf einem Halbleitersubstrat  
20 5 integriert und besitzt einen Messteil 6 und einen Elektronikteil 7.

Der Messteil 6 bildet einen Teil der Wand der Leitung 2, so dass die dort angeordneten Komponenten in thermischem Kontakt mit der Flüssigkeit 1 stehen. Er  
25 umfasst eine resistive Heizung R1, welche symmetrisch zwischen zwei als Thermosäulen ausgestalteten Temperatursensoren 10, 11 angeordnet ist. Die Thermosäulen besitzen Kontakte zwischen Polysilizium und Aluminium und/oder zwischen unterschiedlich dotiertem  
30 Polysilizium, so dass sie im Rahmen eines industriellen CMOS-Prozesses hergestellt werden können.

Wie insbesondere aus Fig. 3 ersichtlich, ist die Heizung R1 auf einer Membran 12 angeordnet, die sich über einer Vertiefung oder Öffnung 13 des  
35 Halbleitersubstrats 5 erstreckt. Der Temperatursensor 10 misst die Temperaturdifferenz zwischen einem Bereich der Membran 12 vor der Heizung R1 und dem Halbleitersubstrat.

Der Temperatursensor 11 misst die Temperaturdifferenz zwischen einem Bereich der Membran 12 nach der Heizung R1 und dem Halbleitersubstrat.

Die Anordnung der Temperatursensoren 10, 11 und der Heizung R1 auf der Membran erhöht die Reaktionsgeschwindigkeit und Empfindlichkeit des Sensors. Je nach Anforderungen kann auf die Vertiefung bzw. Öffnung 13 jedoch auch verzichtet werden, so dass die Komponenten direkt über dem Halbleitersubstrat 5 liegen.

Um den Messteil 6 chemisch von der Flüssigkeit 1 zu trennen, ist dieser mit einer Deckschicht 15 bedeckt. Die Deckschicht 15 kann aus Siliziumoxid, Siliziumnitrid oder einem anderen geeigneten Material bestehen. Bevorzugt besteht sie jedoch aus DLC (Diamond-Like Carbon). Der Aufbau und die Herstellung von Schichten aus DLC wird z.B. von U. Müller, R. Hauert und M. Tobler in „Ultrahartstoff-Beschichtungen aus Kohlenstoff“, Oberflächen Werkstoffe 4/97 beschrieben.

Der Elektronikteil 7 umfasst Schaltungen, um die Heizung R1 zu steuern und die Messsignale auszuwerten. Vorzugsweise ist sie in CMOS-Technologie ausgeführt.

Fig. 4 zeigt ein Blockdiagramm des Flusssensors. Wie daraus ersichtlich, werden die Messsignale der Temperatursensoren 10, 11 sowie ein von der Leistungsaufnahme der Heizung R1 abhängiger Betriebsparameter der Heizung R1 einer Verstärkerstufe 20 zugeführt, welche wahlweise eines oder mehrere dieser Signale verstärkt. Die verstärkten Signale werden in einem A/D-Wandler 21 digitalisiert und sodann in einer Auswerteschaltung 22 linearisiert und offset-korrigiert.

Zur Ansteuerung der Heizung R1 ist eine Heizungssteuerung 23 vorgesehen. Zur Kontrolle der übrigen Funktionen des Flusssensors dient eine Steuerung 24.

Die Verstärkerstufe 20, der A/D-Wandler 21, die Auswerteschaltung 22, die Heizungssteuerung 23 und die Steuerung 24 sind vorzugsweise alle im Elektronikteil 7 des Halbleitersubstrats 5 integriert.

5 Im Normalbetrieb des Flusssensors ist das Ventil 4 offen und der Massenfluss der Flüssigkeit wird z.B. aus der Differenz der Signale der beiden Temperatursensoren 10, 11 ermittelt, wie dies z.B. in der eingangs erwähnten Publikation von M. Ashauer et al.  
10 beschrieben ist.

Um den Flusssensor zu kalibrieren, wird das Ventil 4 von der Steuerung 24 geschlossen. Der verbleibende Unterschied der Signale der beiden Temperatursensoren 10, 11 wird als Offset abgespeichert  
15 und im folgenden Normalbetrieb vom Messsignal subtrahiert.

Eine bevorzugte Ausführung der Heizungssteuerung 23 ist in Fig. 5 dargestellt. Sie umfasst nebst der Heizung R1 noch einen  
20 Referenzwiderstand R2. Beide Widerstände R1, R2 sind aus gleichem Material als PTC-Widerstände ausgeführt, d.h. ihr Widerstand nimmt bei zunehmender Temperatur in gleichem Masse und im wesentlichen linear zu. Der Referenzwiderstand befindet sich jedoch nicht auf der  
25 Membran 12, sondern ist über dem Halbleitersubstrat 5 angeordnet. Geometrisch unterscheiden sich R1 und R2 derart, dass der Widerstand von R1 bei gleicher Temperatur einige Prozent kleiner ist als jener von R2.

Die beiden Widerstände R1, R2 werden über  
30 zwei Transistoren T1, T2 vorzugsweise mit identischen oder zueinander proportionalen Strömen versorgt. Die Gatespannung der Transistoren T1, T2 wird von einem Operationsverstärker A erzeugt. Die Spannung U1 über R1 liegt am invertierenden Eingang des Operationsverstärkers  
35 A, die Spannung U2 über R2 am nicht-invertierenden Eingang.



Die Schaltung gemäss Fig. 5 bildet einen Regelkreis, in welchem die Ströme so geregelt werden, dass sich zwischen den beiden Widerständen R1 und R2 ein fester Temperaturunterschied einstellt.

5 Dies wird dadurch bewirkt, dass der Operationsverstärker A versucht, die Spannungen U1 und U2 gleich zu halten. Dies ist der Fall, wenn zwischen den beiden Widerständen R1 und R2 ein fester Temperaturunterschied besteht, welcher gegeben ist durch  
10 den Temperaturkoeffizienten der Widerstände R1, R2 und dem Unterschied der Widerstandswerte.

Da die Temperatursensoren 10, 11 als Thermosäulen ebenfalls Temperaturen relativ zur Substrattemperatur messen, hat die Schaltung gemäss Fig.  
15 5 den Vorteil, dass sie den Flusssensor in erster Näherung unabhängig von der Umgebungstemperatur macht.

Ausserdem hat die Schaltung gemäss Fig. 5 den Vorteil, dass sie eine Überhitzung der Heizung bei Gasblasen in der Flüssigkeit 1 verhindert. Dank dem  
20 Regelkreis fällt die Steuerspannung für die Transistoren T1, T2 bei einer Gasblase sehr schnell ab. Die Reaktionszeit liegt dank der Anordnung der Heizung R1 auf der Membran 12 im Bereich von z.B. 2 Millisekunden.

Erhöht sich die Flussgeschwindigkeit der  
25 Flüssigkeit 1 im Normalbetrieb, so verliert die Heizung R1 mehr Wärme, weshalb der Strom durch die Heizung R1 automatisch ansteigt. Somit ist auch der Strom durch die Heizung R1 (oder deren Leistungsaufnahme oder die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers A) ein  
30 Betriebsparameter, der von der Flussgeschwindigkeit der Flüssigkeit 1 abhängt. Insbesondere bei hohen Flüssen eignet sich dieser Parameter gut zur Flussmessung. Er wird deshalb ebenfalls dem Vorverstärker 20 zugeführt.

Erfolgt die Flussmessung über den  
35 Wärmeverlust der Heizung R1, so kann die Heizung R1 gleichzeitig als Heizorgan und als Temperatursensor

wirken. In diesem Falle werden die zusätzlichen Temperatursensoren 10, 11 nicht benötigt.

Vorzugsweise werden beide Messmethoden kombiniert. Bei tiefen Flüssen wird in erster Linie auf die Signale der Temperatursensoren 10, 11 abgestellt, bei höheren Werten auf einen vom Wärmeverlust der Heizung R1 abhängigen Wert, z.B. auf den oben erwähnten Betriebsparameter. Eine geeignete Gewichtung oder Auswahl der Messmethoden wird vorzugsweise von der Auswerteschaltung 22 durchgeführt.

Die Auswerteschaltung kann die Flussmessung, die mit den Signalen der Temperatursensoren 10, 11 durchgeführt wird, dazu verwenden, die Messung über den Wärmeverlust der Heizung R1 zu eichen. Hierzu kann z.B. in zeitlichen Intervallen das Ventil geschlossen werden, oder es wird abgewartet, bis der Fluss in den Messbereich der Temperatursensoren 10, 11 gelangt. Sodann kann über die Temperatursensoren 10, 11 eine Messung guter Genauigkeit durchgeführt werden. Diese wird mit dem Messresultat aus dem Wärmeverlust der Heizung R1 verglichen, wodurch die Flussmessung über den Wärmeverlust kalibriert werden kann.

Je nach Anforderung kann jedoch auch nur eine der Messmethoden eingesetzt werden, oder es kann z.B. eine der anderen Messmethoden zum Einsatz kommen, die in der oben erwähnten Publikation von M. Ashauer et al. beschrieben sind.

Um die Genauigkeit des Flusssensors zu verbessern, können Gasblasen in der Flüssigkeit berücksichtigt werden. Wie bereits erwähnt, kann die Anwesenheit einer Gasblase über den oben erwähnten Betriebsparameter der Heizung bestimmt werden. In der Regel ist die Anwesenheit einer Gasblase auch über die Temperatursensoren 10, 11 feststellbar, da sich in der Leitung in der Nähe der Heizung beim Durchgang einer Gasblase eine andere Temperatur und Temperaturverteilung einstellt.

Wird eine Gasblase detektiert und wird die Flussmenge über den Wärmeverlust der Heizung R1 bestimmt, so wird die Messung während der Anwesenheit der Heizung unterbrochen, d.h. die Flussgeschwindigkeit wird während  
5 dem Durchzug der Blase nicht aufintegriert.

Es ist auch möglich, das Volumen der Gasblase aus dem momentanen Wert der Strömungsgeschwindigkeit und der Verweilzeit der Gasblase beim Flusssensor, sowie aus dem Querschnitt der Leitung 2  
10 zu bestimmen.

Die Messung der Flussmenge über die Temperaturdifferenz zwischen den Temperatursensoren 10, 11 ist unempfindlich gegenüber Gasblasen. Bei Anwesenheit einer Gasblase wird die Temperaturdifferenz über den  
15 Temperatursensoren 10, 11 sehr klein, d.h. wenn keine besonderen Massnahmen ergriffen werden, so nimmt der Flusssensor an, dass die Flussgeschwindigkeit nahezu auf Null gefallen ist. Bei der Bestimmung der Flussmenge, d.h. der Integration der Flussgeschwindigkeit über die  
20 Zeit, fällt also beim Durchgang der Blase kein oder zumindest nur ein sehr geringer Beitrag an.

Bei Anwesenheit einer Gasblase kann aus der Temperaturdifferenz über den Temperatursensoren 10, 11 auch in bekannter Weise die Strömungsgeschwindigkeit des  
25 Gases in der Gasblase bestimmt werden.

Diese Operationen können von der Auswerteschaltung 22 oder einem externen Prozessor durchgeführt werden.

Es ist auch denkbar, lediglich ein Warnsignal  
30 zu erzeugen, dass die Anwesenheit einer Gasblase anzeigt, ohne dass die Flüssigkeitsmenge korrigiert wird.

Der vorliegende Flusssensor eignet sich für die Messung mit Flüssigkeiten aller Art. Sein Ausgangssignal kann, je nach Anforderung, der momentane  
35 Flusswert (beispielsweise in Liter pro Minute) oder der über die Zeit integrierte Fluss (beispielsweise in Liter) sein.

In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, dass die Auswerte- und Steuerschaltung auf dem Halbleitersubstrat 5 integriert ist. Es ist allerdings auch denkbar, auf dem Halbleitersubstrat 5 nur  
5 die Heizung und einen oder mehrere Temperatursensoren anzuordnen.

Während in der vorliegenden Anmeldung bevorzugte Ausführungen der Erfindung beschrieben sind, ist klar darauf hinzuweisen, dass die Erfindung nicht auf  
10 diese Beschränkt ist und in auch anderer Weise innerhalb des Umfangs der folgenden Ansprüche ausgeführt werden kann.

Patentansprüche

1. Flüssigkeits-Flusssensor mit einem Halbleitersubstrat (5), wobei auf dem Halbleitersubstrat ein thermisch mit der zu messenden Flüssigkeit in Kontakt stehendes Heizelement (R1) und mindestens ein thermisch mit der zu messenden Flüssigkeit in Kontakt stehender Temperatursensor (R1; 10, 11) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Halbleitersubstrat (5) eine Auswerte- und Steuerschaltung (7) integriert ist zum Auswerten von Signalen des Temperatursensors (R1; 10, 11).

2. Flüssigkeits-Flusssensor nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Deckschicht (15), welche den Temperatursensor (R1; 10, 11) und das Heizelement (R1) von der Flüssigkeit trennen.

3. Flüssigkeits-Flusssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht (15) aus DLC besteht.

4. Flüssigkeits-Flusssensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerte- und Steuerschaltung (7) in CMOS-Technologie ausgestaltet ist.

5. Flüssigkeits-Flusssensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (R1) als Temperatursensor dient.

6. Flüssigkeits-Flusssensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Flussrichtung vor und hinter dem Heizelement je ein Temperatursensor (10, 11) angeordnet ist und die Auswerte- und Steuerschaltung (7) ausgestaltet ist, um aus einem Temperaturunterschied zwischen den Temperatursensoren (10, 11) eine Flussgeschwindigkeit zu ermitteln.

7. Flüssigkeits-Flusssensor dadurch gekennzeichnet, dass er ausgestaltet ist, die

Flussgeschwindigkeit aus einer von der Verlustleistung des Heizelements (R1) abhängigen Grösse zu bestimmen

8. Flüssigkeits-Flusssensor nach den Ansprüchen 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerte- und Steuerschaltung (7) ausgestaltet ist, um abhängig von der Flussgeschwindigkeit die Flussgeschwindigkeit aus dem Temperaturunterschied zwischen den Temperatursensoren (10, 11) und/oder der von der Verlustleistung des Heizelement (R1) abhängigen Grösse zu bestimmen.

9. Flüssigkeits-Flusssensor nach den Ansprüchen 6 und 7 oder nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerte- und Steuerschaltung (7) ausgestaltet ist, um über die Bestimmung der Flussgeschwindigkeit aus dem Temperaturunterschied die Bestimmung der Flussgeschwindigkeit aus der Verlustleistung zu kalibrieren, und insbesondere dass diese Kalibrierung bei einer Flussgeschwindigkeit im wesentlichen von Null stattfindet.

10. Flüssigkeits-Flusssensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Halbleitersubstrat (5) zwei Widerstände (R1, R2) mit im wesentlichen gleicher Temperaturabhängigkeit angeordnet sind, wobei ein erster der Widerstände das Heizelement (R1) ist und ein zweiter der Widerstände ein Referenzwiderstand (R2) ist, und dass ein Regelkreis (A, T1, T2) vorgesehen ist, der den Strom durch den ersten Widerstand (R1) derart regelt, dass sich zwischen den Widerständen eine feste Temperaturdifferenz einstellt, und insbesondere dass der Regelkreis (A, T1, T2) den Strom in beiden Widerständen (R1, R2) proportional oder gleich regelt.

11. Flüssigkeits-Flusssensor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstände PTC-Widerstände sind und der Referenzwiderstand (R2) bei gleicher Temperatur grösser als das Heizelement (R1) ist,

derart, dass im Betrieb das Heizelement (R1) eine höhere Temperatur aufweist als der Referenzwiderstand (R2).

12. Flüssigkeits-Flusssensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das  
5 Heizelement (R1) und der Temperatursensor (R1; 10, 11) auf einer Membran (12) angeordnet sind, welche sich über eine Öffnung oder Vertiefung (13) im Halbleitersubstrat (5) erstreckt.

13. Flüssigkeits-Flusssensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er  
10 ein Ventil (4) aufweist, welches für eine Kalibrierung des Flusssensors von der Auswerte- und Steuerschaltung (7) schliessbar ist.

14. Flüssigkeits-Flusssensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der  
15 Temperatursensor eine Thermosäule ist, und insbesondere dass die Thermosäule Kontakte zwischen Polysilizium und Aluminium und/oder zwischen unterschiedlich dotiertem Polysilizium aufweist.

20 15. Verfahren zum Messen der Flussmenge einer Flüssigkeit, insbesondere mit einem Flüssigkeits-Flusssensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

25 dass die Flüssigkeit in einer Leitung an einem Heizelement (R1) in thermischem Kontakt vorbeigeführt wird,

30 dass eine Messgrösse (U1) ermittelt wird, welche von der vom Heizelement (R1) abgegebenen Leistung oder von einer Temperatur in der Leitung beim Heizelement abhängt, und

dass aus einer Änderung der Messgrösse auf eine Gasblase in der Flüssigkeit geschlossen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Flussmenge bei Detektion der  
35 Gasblase korrigiert wird und/oder eine Warnung abgegeben wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass ein Volumen der Gasblase aus einer momentanen Flussgeschwindigkeit und einer zeitlichen Länge der Gasblase ermittelt wird.

5 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet,

dass aus der Messgrösse, die von der vom Heizelement (R1) abgegebenen Leistung abhängt, eine Flussgeschwindigkeit der Flüssigkeit ermittelt wird,

10 dass die Flussmenge aus einer Integration der Flussgeschwindigkeit ermittelt wird und dass

bei Anwesenheit einer Gasblase die Integration unterbrochen wird.

15 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 - 17, dadurch gekennzeichnet,

dass aus einer Temperaturdifferenz vor und hinter dem Heizelement (R1) eine Flussgeschwindigkeit der Flüssigkeit ermittelt wird,

20 dass die Flussmenge aus einer Integration der Flussgeschwindigkeit ermittelt wird und dass

bei Anwesenheit einer Gasblase die Integration weitergeführt wird.

20. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

25 dass aus einer Temperaturdifferenz vor und hinter dem Heizelement (R1) eine Flussgeschwindigkeit der Flüssigkeit ermittelt wird,

dass die Flussmenge aus einer Integration der Flussgeschwindigkeit ermittelt wird und dass

30 bei Anwesenheit einer Gasblase über die Temperaturdifferenz eine Flussgeschwindigkeit eines Gases in der Gasblase ermittelt wird.



1/2

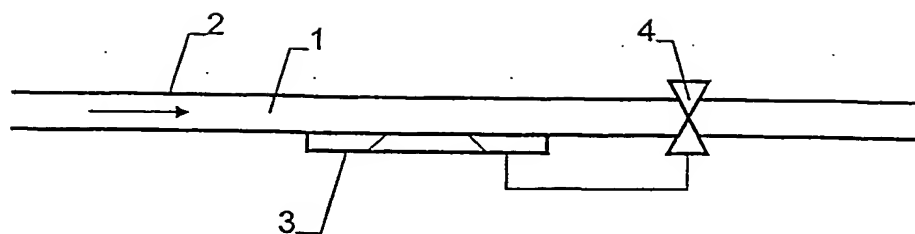


Fig. 1

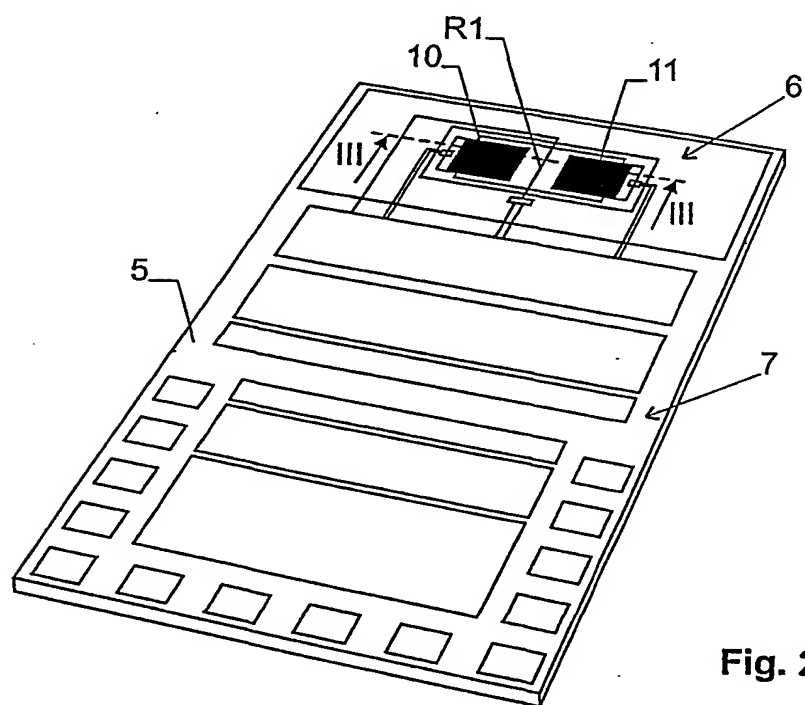


Fig. 2

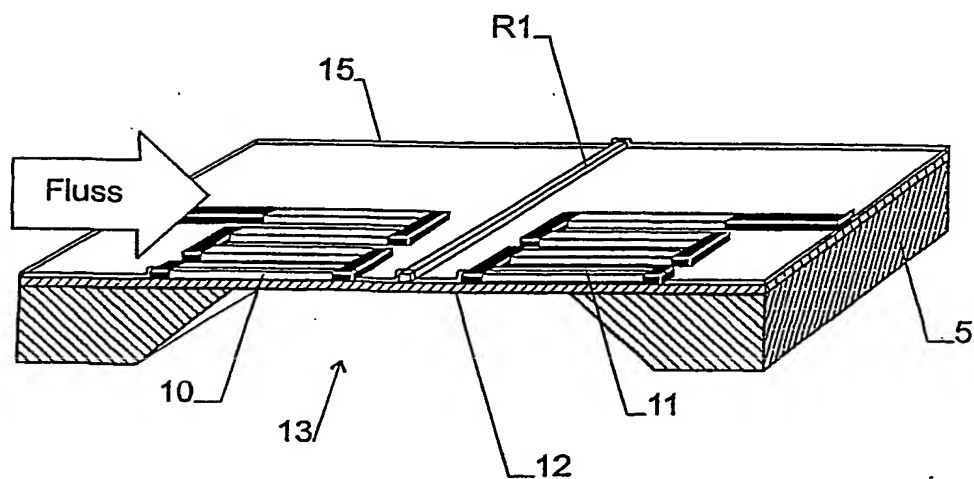


Fig. 3

2/2

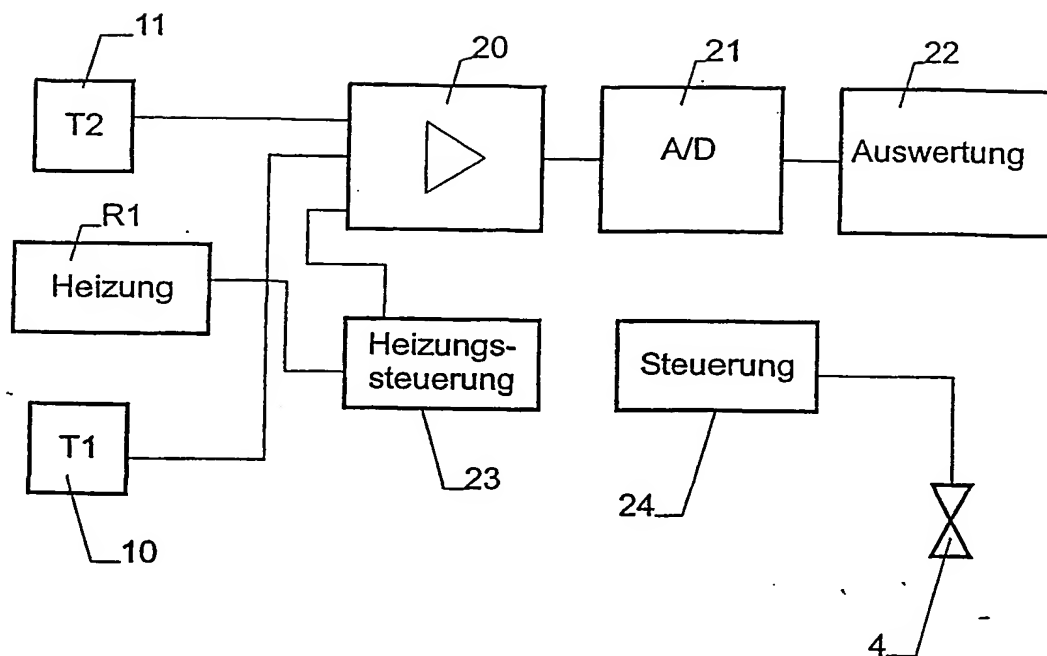


Fig. 4

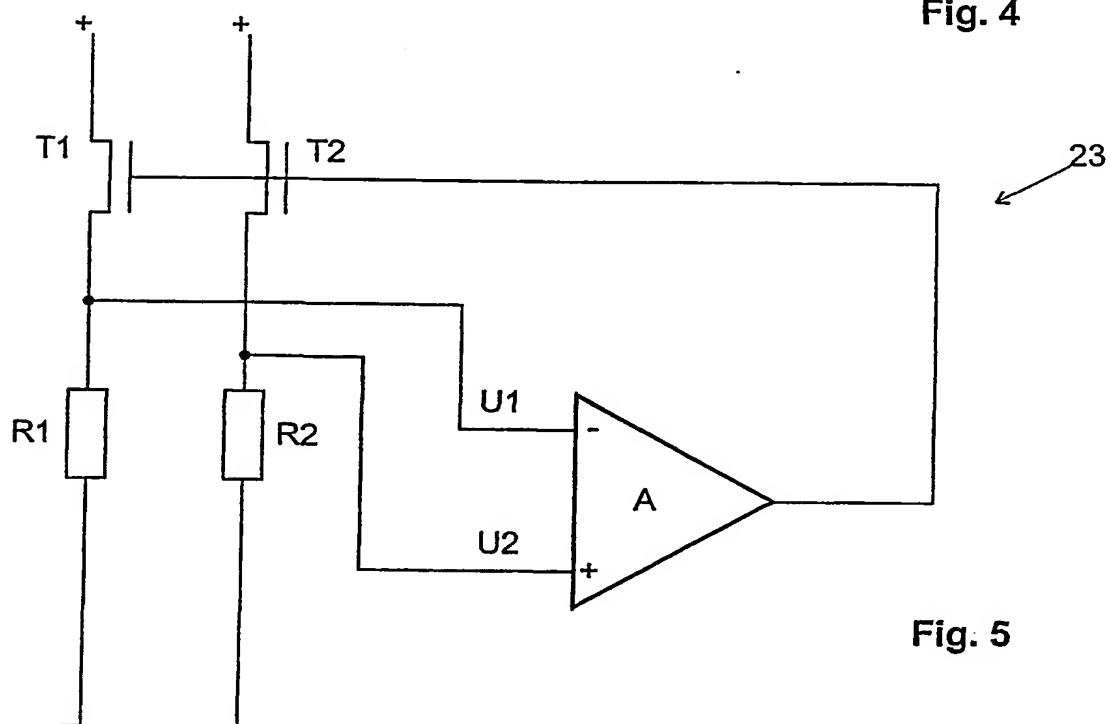


Fig. 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/IB 01/00689

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G01F1/684

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 830 372 A (HIEROLD CHRISTOFER) 3 November 1998 (1998-11-03) column 3, line 34 - column 4, line 17 column 6, line 42 - column 7, line 30; figures 1,6,7	1,2,4, 6-8,12
Y		5,8,14, 15
Y	US 4 783 996 A (OHTA MINORU ET AL) 15 November 1988 (1988-11-15) column 3, line 54 - line 64; figure 4	5
Y	US 5 804 720 A (MITSUTERU KIMURA ET AL) 8 September 1998 (1998-09-08) column 3, line 31 - line 43; figure 3	8
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 August 2001

Date of mailing of the international search report

23/08/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Heinsius, R

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/IB 01/00689

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 97 21986 A (MICRONAS SEMICONDUCTOR S A ;TRAUTWEILER STEPHAN (CH); STAHL JUERG) 19 June 1997 (1997-06-19) page 16, line 20 - line 30; figure 14	14
Y	US 5 533 412 A (JERMAN JOHN H ET AL) 9 July 1996 (1996-07-09) column 8, line 54 -column 9, line 6; figure 4A	15
X	US 4 680 963 A (TABATA OSAMU ET AL) 21 July 1987 (1987-07-21) column 6, line 24 - line 34 column 7, line 12 - line 34; figures 3,6,7	1,2,10
X	US 4 373 386 A (SCHUDDEMAT JACOB P ET AL) 15 February 1983 (1983-02-15) column 4, line 58 -column 5, line 31; figure 4	1,2
A	US 5 406 841 A (KIMURA MITSUTERU) 18 April 1995 (1995-04-18) column 5, line 56 - line 63	9
A	WO 98 36247 A (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG) 20 August 1998 (1998-08-20) page 5, paragraph 3	14
A	GB 2 199 954 A (UNIV ABERDEEN) 20 July 1988 (1988-07-20) page 7, line 11 -page 10, line 3; figures 1,2,6	15-20

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/IB 01/00689

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5830372 A	03-11-1998	DE 4418207 C EP 0684462 A JP 7326809 A US 5596219 A	22-06-1995 29-11-1995 12-12-1995 21-01-1997
US 4783996 A	15-11-1988	JP 1805883 C JP 5008766 B JP 61178614 A DE 3603010 A GB 2170606 A, B	26-11-1993 03-02-1993 11-08-1986 07-08-1986 06-08-1986
US 5804720 A	08-09-1998	JP 9072763 A	18-03-1997
WO 9721986 A	19-06-1997	NONE	
US 5533412 A	09-07-1996	WO 9502164 A	19-01-1995
US 4680963 A	21-07-1987	JP 1787473 C JP 4076412 B JP 61170618 A	10-09-1993 03-12-1992 01-08-1986
US 4373386 A	15-02-1983	NL 7905356 A CA 1146771 A DE 3025720 A FR 2468912 A GB 2053491 A JP 57010459 A	13-01-1981 24-05-1983 05-02-1981 08-05-1981 04-02-1981 20-01-1982
US 5406841 A	18-04-1995	JP 2584702 B JP 5264565 A JP 2742641 B JP 5264566 A	26-02-1997 12-10-1993 22-04-1998 12-10-1993
WO 9836247 A	20-08-1998	DE 59701822 D EP 0922203 A	06-07-2000 16-06-1999
GB 2199954 A	20-07-1988	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G01F1/684

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G01F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 830 372 A (HIEROLD CHRISTOFER) 3. November 1998 (1998-11-03) Spalte 3, Zeile 34 - Spalte 4, Zeile 17 Spalte 6, Zeile 42 - Spalte 7, Zeile 30; Abbildungen 1,6,7	1,2,4, 6-8,12
Y		5,8,14, 15
Y	US 4 783 996 A (OHTA MINORU ET AL) 15. November 1988 (1988-11-15) Spalte 3, Zeile 54 - Zeile 64; Abbildung 4	5
Y	US 5 804 720 A (MITSUTERU KIMURA ET AL) 8. September 1998 (1998-09-08) Spalte 3, Zeile 31 - Zeile 43; Abbildung 3	8
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. August 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

23/08/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Heinsius, R

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 97 21986 A (MICRONAS SEMICONDUCTOR S A ;TRAUTWEILER STEPHAN (CH); STAHL JUERG) 19. Juni 1997 (1997-06-19) Seite 16, Zeile 20 - Zeile 30; Abbildung 14	14
Y	US 5 533 412 A (JERMAN JOHN H ET AL) 9. Juli 1996 (1996-07-09) Spalte 8, Zeile 54 -Spalte 9, Zeile 6; Abbildung 4A	15
X	US 4 680 963 A (TABATA OSAMU ET AL) 21. Juli 1987 (1987-07-21) Spalte 6, Zeile 24 - Zeile 34 Spalte 7, Zeile 12 - Zeile 34; Abbildungen 3,6,7	1,2,10
X	US 4 373 386 A (SCHUDDEMAT JACOB P ET AL) 15. Februar 1983 (1983-02-15) Spalte 4, Zeile 58 -Spalte 5, Zeile 31; Abbildung 4	1,2
A	US 5 406 841 A (KIMURA MITSUTERU) 18. April 1995 (1995-04-18) Spalte 5, Zeile 56 - Zeile 63	9
A	WO 98 36247 A (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG) 20. August 1998 (1998-08-20) Seite 5, Absatz 3	14
A	GB 2 199 954 A (UNIV ABERDEEN) 20. Juli 1988 (1988-07-20) Seite 7, Zeile 11 -Seite 10, Zeile 3; Abbildungen 1,2,6	15-20

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB 01/00689

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5830372 A	03-11-1998	DE 4418207 C EP 0684462 A JP 7326809 A US 5596219 A	22-06-1995 29-11-1995 12-12-1995 21-01-1997
US 4783996 A	15-11-1988	JP 1805883 C JP 5008766 B JP 61178614 A DE 3603010 A GB 2170606 A,B	26-11-1993 03-02-1993 11-08-1986 07-08-1986 06-08-1986
US 5804720 A	08-09-1998	JP 9072763 A	18-03-1997
WO 9721986 A	19-06-1997	KEINE	
US 5533412 A	09-07-1996	WO 9502164 A	19-01-1995
US 4680963 A	21-07-1987	JP 1787473 C JP 4076412 B JP 61170618 A	10-09-1993 03-12-1992 01-08-1986
US 4373386 A	15-02-1983	NL 7905356 A CA 1146771 A DE 3025720 A FR 2468912 A GB 2053491 A JP 57010459 A	13-01-1981 24-05-1983 05-02-1981 08-05-1981 04-02-1981 20-01-1982
US 5406841 A	18-04-1995	JP 2584702 B JP 5264565 A JP 2742641 B JP 5264566 A	26-02-1997 12-10-1993 22-04-1998 12-10-1993
WO 9836247 A	20-08-1998	DE 59701822 D EP 0922203 A	06-07-2000 16-06-1999
GB 2199954 A	20-07-1988	KEINE	